

Д.В. Ревенко, В.В. Троценко, канд. техн. наук, П.К. Сопин, канд. техн. наук, Севастополь Украина

УПРАВЛЕНИЕ СЪЕМОМ ПРИПУСКА ПРИ АЛМАЗНО-ЭРОЗИОННО ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ ШЛИФОВАНИИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Розглядаються питання побудови високопродуктивних циклів при алмазно-ерозійному електрохімічному шліфуванні виробів.

Рассматриваются вопросы построения высокопроизводительных циклов при алмазно-эрозионно электрохимическом шлифовании изделий.

The problems of high-performance cycles for electrochemical erosion of diamond-polishing products.

Введение

Переход к рыночным отношениям в экономике выдвинул на передний план проблемы связанные с выпуском конкурентоспособной продукции в машиностроении и приборостроении «потребителям необходима продукция, характеристики которой удовлетворяли бы их запросы и ожидания» (ИСО/ПСК 2 9000: 2000), высокий уровень требований к современным машинам и приборам обусловил ряд проблем, связанных с созданием высокопроизводительных технологических процессов, обеспечивающих изготовление деталей с заданными параметрами качества. параметры качества определяют функциональную пригодность деталей (возможность собираемости в сборочные единицы, узлы и агрегаты, обеспечение герметичности стыков и др.), их эксплуатационные характеристики (усталостную прочность, коррозионную стойкость, износостойкость, контактную жесткость и др.). При финишной обработке ряда материалов применяются комбинированные методы шлифования, при которых сьем материала, осуществляется за счет комбинации процессов резания анодного растворения и эрозионного удаления материала.

На основании вышеизложенного целью данной статьи является разработка методики расчета циклов управление съемом припуска при алмазно-эрозионно электро-химическом шлифовании прецизионных поверхностей.

Основная часть

При исследовании операции алмазно- эрозионно электрохимического шлифования (АЭЭХШ) получена математическая модель [1,2] (таблица 1), которая позволяет решить задачу рационального управления процессом шлифования, она вскрывает функциональные связи показателей качества процесса и производительности обработки с соответствующими управляющими воздействиями, что позволяет для определенных условий обработки найти алгоритмы съема припуска, при реализации которых производительность обработки будет максимальной. Адекватность зависимостей, представленных

265

в таблице, подтверждена экспериментальными исследованиями, выполненными в [1,2], что позволяет использовать их для управления процессом АЭЭХШ по заданной программе изменения съема припуска за цикл обработки одного изделия. Примеры таких циклов показаны на рисунке 1 для АЭЭХШ и абразивного шлифования пуансонов вырубных штампов из твердого сплава алмазными кругами зернистостью  $3\mu=250\text{ мкм}$ ,  $3\mu_0=125\text{ мкм}$  на связке М1. Шероховатость поверхности пуансона не должна превышать  $H=0,8\cdot10^{-5}\text{ м}$ .

Предложенная динамическая теоретико-вероятностная математическая модель позволяет решить задачу рационального управления. Она вскрывает функциональные связи показателей качества процесса и производительности обработки с соответствующими управляющими воздействиями, что позволяет для определенных условий обработки найти алгоритмы съема припуска, при реализации которых производительность обработки будет максимальной.

Выполненные исследования показывают, что основным возмущающим воздействием при АЭЭХШ прецизионных поверхностей является износ инструмента  $S_R$ , что дает возможность на основании его оценки сделать заключение о выборе принципа функционирования автоматической системы при ее разработке.

Анализ циклов, изображенных на рисунке 1 доказывает преимущества процесса АЭЭХШ перед абразивным шлифованием. Так, для удаления припуска  $\Pi=4\cdot10^{-5}\text{ м}$  кругом зернистостью 125 мкм при АЭЭХШ необходимо осуществить четыре прохода, для съема этого же припуска при абразивном шлифовании количество проходов увеличивается в 2 раза, во столько же раз падает производительность.

Скорость съема материала увеличивается и достигает максимума при таких значениях зернистости инструмента, при которых технологические ограничения позволяют зерну внедриться на максимальную фактическую глубину в материал при минимальном зазоре между связкой круга и заготовкой ( $\delta\rightarrow 0$ ;  $t_{\phi}\sim 1/3\ 3\mu_0$ ). При дальнейшем изменении зернистости производительность АЭЭХШ падает. Это связано с уменьшением доли механического съема.

Апробация предложенных циклов была выполнена при шлифовании изделий из твердого сплава Т15К6 на станке модели 3Е711ВФ2-1 на заводе МЕМЗ города Мелитополя и заводе “Залив” города Керчи.

Для осуществления автоматизации процесса АЭЭХШ станок был модернизирован и оснащен комплексом контрольно-измерительной аппаратуры (рисунок 2).

266

Таблица 1 – Математическая модель операции

№	Наименование	Вид зависимости математической модели
Уравнение связи перемещений в технологической системе		
1	Подача инструмента	$S_{Hl} = \Delta A_{yl} + Q_{\Sigma l-1} + \Delta t_{\phi l} + S_{Rl}$
Функции оптимизации		
2	Объемная скорость съема материала при комбинированной обработке	$Q_{\Sigma}^v = B \times V_U (Q_{\Sigma X} + Q_{\Sigma P} + Q_{ME})$
3	Себестоимость съема 1 м³ припуска	$C_i = R_i \frac{t_{IP,i}}{\Pi_i B L} + \frac{q Q_{\Sigma i} C_{un}}{\Pi_i B L}$
Ограничения		
4	Слой, в котором распределена шероховатость	$H_i = H_{MEi} - (Q_{\Sigma,в.и} - Q_{\Sigma,вп.и}) \leq H_0 + \Pi_i$
5	Среднее арифметическое отклонение профиля	$R_a = \frac{2}{\pi G v \sum_{i=0}^n (W_m - i Q_{\Sigma})^{v-1}} \leq R_{a,доп}$
6	Глубина дефектного слоя	$h_i = \alpha \xi (q - q_0) \left( \frac{2\delta \sqrt{t_{\phi} D_K}}{V_U} \right) \leq \Pi_i + H_0 + h_0 - H_{i-1}$
7	Сила резания:	
-для керамики		$P = 1,18 \times 10^7 \times V_K^{-0,17} \times V_U^{0,198} \times t_{\phi}^{1,18} \times U^{-0,15} \leq P_{доп}$
-для стали ХВГ		$P = 3,56 \times 10^{10} \times V_K^{-0,2} \times t_{\phi}^{1,9} \times U^{-0,14} \leq P_{доп}$
-для сплава Т15К6		$P = 2,54 \times 10^6 \times V_U^{0,11} \times t_{\phi}^{1,1} \times U^{-0,085} \leq P_{доп}$
8	Средний износ инструмента:	
-для керамики		
U=2...8 В		$S_R = 292 \times 10^{-10} \times V_K^{0,24} \times V_U^{0,37} \times t_{\phi}^{0,29} \times U^{-0,36} \times t \leq S_{Rдоп}$
U=8...36 В		$S_R = 228 \times 10^{-11} \times V_K^{0,106} \times V_U^{0,085} \times t_{\phi}^{0,081} \times U^{0,2} \times t \leq S_{Rдоп}$
-для сплава Т15К6		
U=2...8 В		$S_R = 6,11 \times 10^{-10} \times V_K^{0,34} \times t_{\phi}^{0,3} \times U^{-0,33} \times t \leq S_{Rдоп}$
U=8...36 В		$S_R = 2,197 \times 10^{-12} \times V_K^{0,16} \times V_U^{0,13} \times t_{\phi}^{0,034} \times U^{0,38} \times t \leq S_{Rдоп}$
-для стали ХВГ		
U=2...8 В		$S_R = 1,59 \times 10^{-10} \times V_K^{0,26} \times V_U^{0,35} \times t_{\phi}^{0,3} \times U^{-0,34} \times t \leq S_{Rдоп}$
U=8...36 В		$S_R = 9,86 \times 10^{-12} \times V_K^{0,18} \times V_U^{0,14} \times t_{\phi}^{0,198} \times U^{0,49} \times t \leq S_{Rдоп}$
9	Максимальное напряжение технологического источника питания	$U \leq U_{те.эл.з.ел}$
10	Максимальная скорость подачи стола	$V_U \leq V_{Umax}$

267

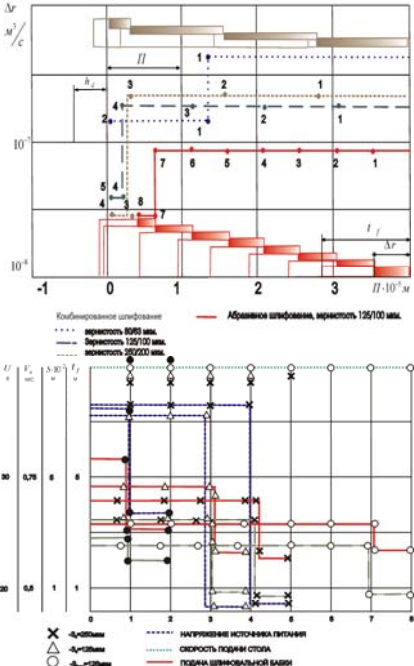


Рисунок 1 – Примеры циклов управления процессом АЭЭХШ

С целью получения информации о состоянии заготовки на корпусе шлифовальной бабки было установлено измерительное устройство с индивидуальным приводом, позволяющее контролировать толщину заготовки и ее шероховатость. В состав измерительного устройства входит индуктивный датчик модели 248, позволяющий контролировать толщину детали; датчик профилометра-профилографа модели 201 привода вертикального и привод гори-

268

зонтального перемещения датчика профилометра-профилографа, обеспечивающего относительную скорость перемещения 0,2...1 мм/мин по поверхности заготовки.

Для подачи рабочего напряжения в зону обработки на шлифовальный круг устанавливался токосъемник, подключенный к отрицательному полюсу источника питания. Заготовка подключалась к положительному полюсу.

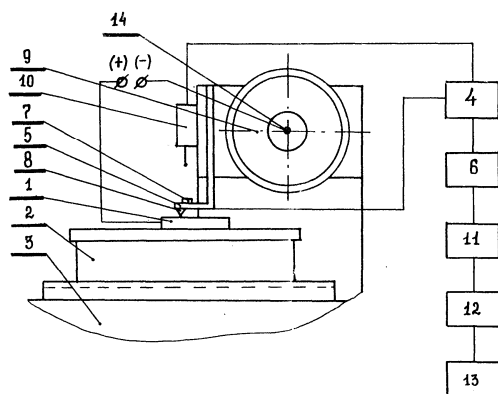


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки:

1 – заготовка; 2 – магнитная плита; 3 – стол станка; 4 – усилитель; 5 – балочка равного сопротивления; 6 – преобразовательное устройство; 7 – тензодатчик; 8 – алмазный наконечник; 9 – алмазный круг; 10 – индуктивный датчик; 11 – УЧПУ; 12 – блок управления станком; 13 – исполнительные устройства станка; 14 – токосъемник.

Работа в автоматическом режиме осуществляется следующим образом:

- заготовка 1 устанавливается на стол шлифовального станка, датчиками 7, 11, измерительного устройства осуществляется контроль толщины заготовки и ее поверхности;

- информация о состоянии заготовки поступает на усилительно- преобразующее устройство 4, 5 и управляющую УЧПУ 6, которая рассчитывает цикл обработки;

- информация от ЭВМ поступает на усилительно-преобразующее устройство станка, на блок управления станком и его исполнительные устройства;

- осуществляется обработка заготовки по рассчитанной программе.

#### Выводы

Испытание цикла управления производилось на партии заготовок из 20 штук. При обработке заготовок по предложенной методике кругами зернистостью  $Z_0=125$  мкм производительность АЭЭХШ увеличилась в 2 раза по сравнению с обработкой на основе традиционных алгоритмов, и в 4 раза по сравнению с абразивным шлифованием с постоянной радиальной силой при одинаковом значении шероховатости и точности геометрического размера. При этом себестоимость обработки снижается в 1,5...3 раза. Представленные в таблице 1 математические зависимости отклонений формы шлифовального круга, влияния дисбаланса на выходные показатели процесса, совокупность вышеперечисленных задач представляет собой дальнейшие перспективы развития в данной области.

**Список использованных источников:** 1. Братан С.М. Повышение эффективности обработки прецизионных деталей приборов на основе автоматического оптимального съема припуска: Автореф. дис...канд.техн.наук: 05.13.07/СПИ; Севастополь, 1990.-16с. 2. Сопин П.К. Повышение эффективности алмазно-эрозионного электрохимического шлифования прецизионных деталей на основе параметрической оптимизации при автоматическом управлении процессом: Автореф. дис...канд.техн.наук: 05.13.07/СПИ; Севастополь, 1991.-16с.

Поступила в редколлегию 12.04.2012